

dr inż. Maciej Yan Minch¹⁾

Monitoring wytężonych elementów konstrukcji budynku Afrykarium

Monitoring system of high stress structural elements in the Afrykarium building

DOI: 10.15199/33.2015.06.33

(Studium przypadku)

Streszczenie. Artykuł opisuje sposób kontroli wytężonych elementów konstrukcji budynku, które ze względu na duże obciążenia oraz możliwość zmęczenia materiału mogą zagrażać bezpieczeństwu obiektu. Podano ideę monitoringu oraz sposób kontroli konstrukcji i alertów bezpieczeństwa.

Słowa kluczowe: monitoring konstrukcji, wytężenie konstrukcji, bezpieczeństwo użytkownika budynku.

Abstract. This paper describes a method for controlling high stress structural elements of the building. Heavy loads and the possibility of material fatigue may endanger the safety of the building. The idea of monitoring and control methods of the structure as well as safety alerts were provided.

Keywords: structure monitoring, high stress of structure, building safety.

Przedmiotem monitoringu jest budynek Afrykarium – Oceanarium zlokalizowany we Wrocławiu [1]. Budynek główny o wysokości 15 m zaprojektowany został na planie prostokąta o wymiarach 53,6 x 160 m. Przylega do niego od strony południowej, prostopadle usytuowany, budynek w kształcie statku o szerokości 16 m i długości 55 m, a po obu stronach tego budynku znajdują się baseny dla zwierząt. Rozmiary budynku głównego pokazują, że mamy do czynienia z obiektem o dużej kubaturze. Jeśli dodamy do tego złożoną funkcję, to przekłada się to również na złożone rozwiązania konstrukcyjne, które implikują trudne technicznie wyzwania konstrukcyjne, takie jak:

- zapewnienie szczelności części podziemnej budynku (obiekt posadowiony jest na poziomie ok. 6 m poniżej zwierciadła wody gruntowej);
- zapewnienie nośności i szczelności basenów wewnętrznych i zewnętrznych obciążonych znacznym słupem wody;
- duża rozpiętość dachu bez podpór pośrednich dochodząca w części wschodniej do ok. 43 m;
- wspornik podcienia o wysięgu ok. 13 m z dużymi obciążeniami w pomieszczeniach central wentylacyjnych;
- właściwe dylatowanie obiektu poddanego znacznym obciążeniom termicznym od czarnej elewacji.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 12.03.2009 r. *zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*, budynki użyteczności publicznej z pomieszczeniami przeznaczonymi do przebywania znacznej liczby osób powinny być wyposażone, w zależności od potrzeb, w urządzenia do stałej kontroli parametrów istotnych dla bezpieczeństwa konstrukcji, takich jak przemieszczenia, odkształcenia i naprężenia w konstrukcji. Ten zapis rozporządzenia spowodował, że w założeniach projektowych związanych z eksploatacją obiektu zdefiniowano najbardziej wytężone i odpowiedzialne za bezpieczeństwo użytkownika konstrukcji elementy, które należało poddać stałemu monitoringowi eksploatacyjnemu.

Zagadnienia monitorowania konstrukcji o dużej rozpiętości i obciążeniach są obecnie ogólnie znane i znajdują odzwierciedlenie w literaturze technicznej [2, 3, 4].

Założenia systemu monitoringu konstrukcji

Zgodnie z opracowaniem [6] i wytycznymi projektanta konstrukcji przyjęto, że ogólnym celem instalowania systemu monitorowania konstrukcji jest dostarczanie informacji pomocnych do bezpiecznego użytkownika obiektu. Analiza statyczno-wytrzymałościowa budynku [6] pozwoliła na wybór elementów konstrukcyjnych szczególnie istotnych dla bezpieczeństwa użytkownika obiektu, ze względu na unikatowe rozwiązania lub znaczne wytężenie wytrzymałościowe. Do kontroli wybrano wspornikowe podcienia wejściowe o wysięgu ok. 13 m i drewniane klejone dźwigary dachowe o rozpiętości 43 m (rysunek 1) oraz ścianę basenu rekinów obciążoną znacznym słupem wody.

Podstawowe cele systemu kontroli wybranych elementów konstrukcji to: informowanie użytkownika o ogólnym stanie technicznym konstrukcji; zwiększenie bezpieczeństwa użytkownika obiektu; zbieranie danych do okresowych przeglądów technicznych konstrukcji; weryfikacja podstawowych założeń projektowych konstrukcji na bazie danych pomiarowych i analiz wyników z modelu numerycznego.

Moduły pomiarowe systemu i moduł analiz

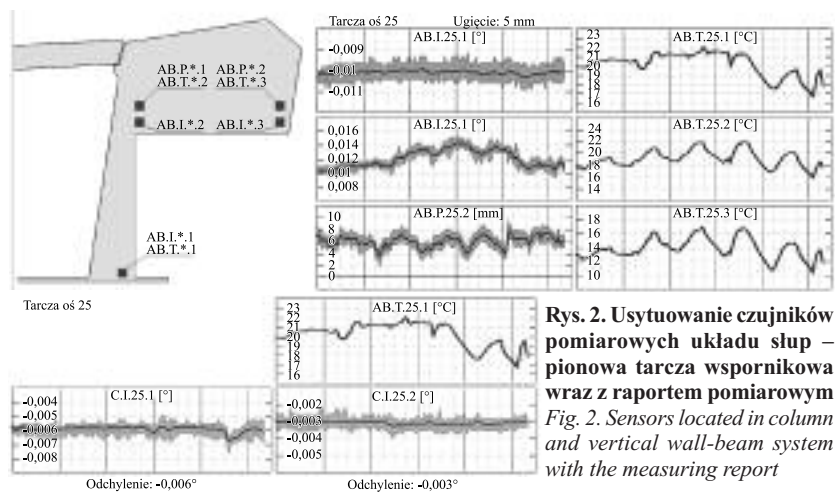
W skład modułów monitorujących wybrane elementy konstrukcyjne weszły czujniki pomiarów kąta (inklinometry), przemieszczeń i temperatury (rysunek 1). W przypadku układu konstrukcyjnego słup – pionowa tarcza żelbetowa zastosowano pomiar zmiany kątów nachylenia zbrojenia sztywne inklinometrami, co umożliwi okre-



Rys. 1. Usytuowanie czujników monitoringu w środku rozpiętości dźwigarów klejonych oraz na elementach konstrukcyjnych wspornika podcienia wejściowego (zakreślowane kółka)

Fig. 1. Monitoring sensors located in the middle of the span laminated beams and in structural elements over the arcades input (hatched circles)

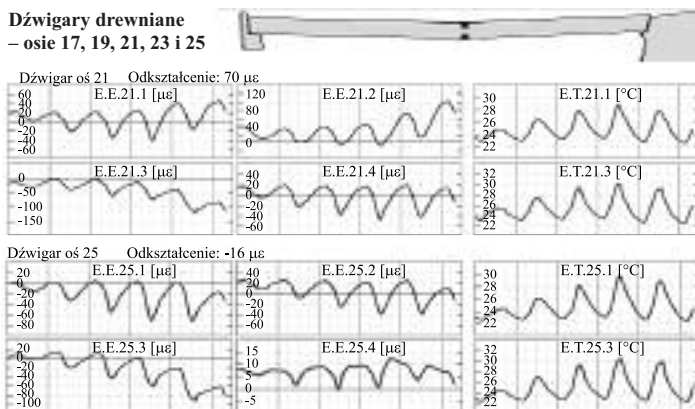
ślenie przyrostów sił w zbrojeniu sztywnym słupów oraz przyrostów sił w elementach złącza sprężonego, a także zastosowano czujniki pomiaru przemieszczeń końca tarczy (maksymalne ugięcie) i czujniki temperatury. Dodatkowo zastosowano inklinometry badające odrywanie i dociskanie płyty fundamentowej do podłoża w wyniku przekazywania dużych obciążeń przez słup na płytę fundamentową. Oddziaływanie słupów na płytę fundamentową może być istotne z punktu widzenia stateczności układu nośnego podcienia oraz szczelności płyty fundamentowej znajdującej się pod wodą. Schematyczne umieszczenie czujników pomiarowych i przykładowe raporty pomiarowe dla podcienia w osi 25 pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Usytuowanie czujników pomiarowych układu słup – pionowa tarcza wspornikowa wraz z raportem pomiarowym
Fig. 2. Sensors located in column and vertical wall-beam system with the measuring report

Oprócz opisanego monitorowania konstrukcji wspornikowej podcienia wejściowego zastosowano: prostsze układy pomiarowe badające ugięcia ściany basenu rekinów obciążone słupem wody ok. 5 m; monitoring odkształceń klejonych dźwigarów drewnianych dachu, określający stopień wyężenia konstrukcji oraz monitoring meteorologiczny (pomiar siły i kierunku wiatru oraz temperatury zewnętrznej powietrza), a także monitoring wizyjny (4 kamery umożliwiające podgląd połączeń dachu i ilości zgromadzonego na nim śniegu). Przykładowy raport podający ugięcia dwóch drewnianych dźwigarów dachowych pokazano na rysunku 3.

Wszystkie dane otrzymane z modułów pomiarowych przesyłane są do modułu analiz w sposób ciągły. Automatycznie obliczane są wartości średnie oraz odchylenia standardowe. Wybrane sygnały z dziedziny czasu transformowane są do dziedziny częstotliwości za pomocą transformacji Fouriera. Z wyniku transfor-



Rys. 3. Usytuowanie czujników pomiarowych na dwóch dźwigarach dachowych wraz z raportami pomiarowymi
Fig. 3. Sensors located on two roof girders with the measuring reports

my możemy dowiedzieć się o amplitudzie i fazie poszczególnych składowych częstotliwościowych, co przydatne jest do podania analizy trendu. Wyniki wstępnej analizy sygnałów przesyłane są do modułu decyzyjnego lub eksperckiego, umożliwiającego numeryczne obliczanie zmiennych wynikowych przemieszczeń, odkształceń i naprężeń, przekładanych na ocenę rzeczywistego stanu bezpieczeństwa konstrukcji. Do określenia stanu technicznego konstrukcji wykorzystano tzw. wartości progowe odkształceń lub naprężeń obliczone i zdefiniowane przez projektanta numeryczną analizą obliczeniową. System podaje komunikaty związane z bezpieczeństwem użytkowania konstrukcji dla trzech poziomów progowych: stan bezpieczny; ostrzegawczy i alarmowy. Wartości progowe mogą być zmieniane i aktualizowane w miarę gromadzenia bazy danych związanych z eksploatacją obiektu.

Przyjęto, że po upływie roku eksploatacji budynku nastąpi przegląd bazy pomierzonych danych i korekta wartości progowych przez ich dopasowanie do zweryfikowanej pomiarowo pracy konstrukcji.

Przyjęto, że po upływie roku eksploatacji budynku nastąpi przegląd bazy pomierzonych danych i korekta wartości progowych przez ich dopasowanie do zweryfikowanej pomiarowo pracy konstrukcji.

Wnioski

Zastosowany w obiekcie Afrykarium system monitorowania najbardziej wyężonych elementów konstrukcyjnych budynku zapewnia uzyskiwanie bieżących informacji o stanie konstrukcji, co przekłada się na zwiększenie zaufania do bezpieczeństwa eksploatacyjnego obiektu. Do kontroli i oceny stanu konstrukcji przewidziano w Prawie budowlanym obowiązkowe, okresowe przeglądy obiektu. Należy zwrócić uwagę, że system monitoringu nie zwalnia użytkownika z tego obowiązku, bez względu na to, jak efektywnie działa system monitorujący najbardziej wyężone wybrane elementy konstrukcyjne.

Do głównych zalet wbudowanego systemu pomiarowego można zaliczyć gromadzenie danych o rzeczywistych wartościach parametrów mierzonych i ich porównanie z wykonaną analizą numeryczną na etapie projektowania konstrukcji [6]. Możliwa jest analiza wpływu zalegania śniegu na dachu, wody w trakcie ulewnego deszczu czy dobowych lub sezonowych zmian temperatury na przyrosty deformacji lub sił wewnętrznych w konstrukcji.

Istotną zaletą systemu jest automatyczne elektroniczne przekazywanie raportów użytkownikowi i projektantowi obiektu w przypadku przekroczenia określonych wartości progowych, czyli wystąpienia w konstrukcji stanów ostrzegawczych lub alarmowych.

Istotną zaletą systemu jest automatyczne elektroniczne przekazywanie raportów użytkownikowi i projektantowi obiektu w przypadku przekroczenia określonych wartości progowych, czyli wystąpienia w konstrukcji stanów ostrzegawczych lub alarmowych.

Literatura

- [1] Minch M.: Beton architektoniczny w budynku Afrykarium – Oceanium w Zoo, Materiały Budowlane 6/2014, s. 52 i 53.
- [2] Kowalewski J.: Krytycznie o monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych, Problemy Przygotowania i Realizacji Inwestycji Budowlanych, Puławy, 2010.
- [3] Ziółko J., Wilde K., Jasina M.: Diagnostyka Konstrukcji Stalowych, XI Konferencja Naukowo-Techniczna, Problemy Rzeczoznawstwa Budowlanego, 2010 (referat zamawiany).
- [4] Wilde K.: Systemy monitoringu konstrukcji obiektów budowlanych, XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie Budowlane 2013, s. 123 – 140.
- [5] Kowalewski J., Sulik P.: Wiarygodność i skuteczność monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych, XI Konferencja Naukowo-Techniczna Problemy Rzeczoznawstwa Budowlanego, Warszawa-Miedzeszyn 2010, s. 263 – 271.
- [6] Projekt wykonawczy monitorowania konstrukcji budynku Afrykarium – Oceanium we Wrocławiu opracowany przez Wilde Engineering Sp. z o.o.

Otrzymano 11.05.2015 r.